



TITLE:

Ecological Studies of the Scyphozoan Jellyfish *Aurelia coerulea*: Implications for the Mechanisms of Their Outbreaks(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Suzuki, Kentaro

CITATION:

Suzuki, Kentaro. Ecological Studies of the Scyphozoan Jellyfish *Aurelia coerulea*: Implications for the Mechanisms of Their Outbreaks. 京都大学, 2020, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13339>

RIGHT:

Suzuki KS, Yasuda A, Murata Y, Kumakura E, Yamada S, Endo N, Nogata Y (2016) Quantitative effects of pycnocline and dissolved oxygen on vertical distribution of moon jellyfish *Aurelia aurita* s.l.: a case study of Mikawa Bay, Japan. *Hydrobiologia* 766:151–163, doi:10.1007/s10750-015-2451-6. Suzuki KS, Kumakura E, Nogata Y (2016) Incidental consumption of ephyrae of moon jellyfish *Aurelia aurita* s.l. by three filter-feeding sessile organisms: laboratory experiments. *Fisheries Science* 82:923–930, doi:10.1007/s12562-016-1034-4. 鈴木健太郎・熊倉恵美・遠藤紀之・石井晴人・野方靖行 (2017) 日本沿岸4海域におけるミズクラゲ集群の鉛直分布に及ぼす水塊構造の影響. *日本プランクトン学会報* 64:114–123, doi:10.24763/bpsj.64.2_114. Suzuki KS, Niida Y, Tsubono T, Takimoto H, Kumakura E, Ishii H, Nogata Y (2018) Mechanisms underlying heterogeneous distribution of moon jellyfish *Aurelia aurita* s.l. across a sharp pycnocline. *Marine Ecology Progress Series* 591:229–239, doi:10.

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	鈴木 健太郎
論文題目	Ecological Studies of the Scyphozoan Jellyfish <i>Aurelia coerulea</i> : Implications for the Mechanisms of Their Outbreaks (大発生機構解明に向けたミズクラゲ <i>Aurelia coerulea</i> の生態学的研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>ミズクラゲ<i>Aurelia coerulea</i>とその近縁種は世界中の沿岸域でしばしば大発生し、生態系や漁業・発電所などに大きな影響を与えるため、その大発生機構解明が望まれている。ミズクラゲ大発生の要因としては、温暖化、富栄養化、沿岸での人工構造物の増加、魚類資源の減少、系外からのメデューサの輸送が主要な候補として挙げられているが、生態学的知見の不足で、大発生機構解明には至っていない。特に、通常のポリプ発生型生活史とは異なる直達発生型生活史の発現機構や、エフィラ期の大量減耗の要因、メデューサの輸送機構は大きな課題となっている。本論文では、本種の大発生機構解明に不可欠な生態学的知見の整備を目的として、生活史二型の発現特性を明らかにするとともに、エフィラの捕食者候補について検討した。また、メデューサの輸送に関わる鉛直分布の決定機構についても明らかにした。</p> <p>第1章では研究の背景と目的を述べ、第2章では生活史二型の発現特性を調べた。一般に、メデューサが有性生殖によって産出したプラヌラは、付着基盤の上でポリプとなり、無性生殖によって個体数を大きく増やしたのちにエフィラを放出する（ポリプ発生型生活史）。そのため、無性生殖がミズクラゲ大発生に大きく寄与していると考えられてきた。一方、ポリプ世代を経ずに1個体のプラヌラが1個体のエフィラへと変態する、直達発生型の生活史を示すミズクラゲの存在も報告されている。直達発生型生活史では、ポリプ発生型生活史とは生態が異なると考えられるが、直達発生型生活史の報告例は極めて少なく、その発現機構は不明であった。また、ミズクラゲ属では多数の隠蔽種が報告されているため、両生活史型は別種である可能性も考えられた。京都府・舞鶴湾を対象とした周年調査と室内実験により、両生活史型の季節性を調べるとともに、種の同定を行った。その結果、ミズクラゲは20℃を境として、高水温下では通常のポリプ発生型生活史を示す小型の卵・プラヌラを産出するのに対し、低水温下ではポリプを経ずにエフィラへと直達発生する大型の卵・プラヌラを産出することが明らかとなった。また、mtDNAのCOI領域の塩基配列から、両生活史型はともに日本沿岸に一般的に分布するミズクラゲ<i>A. coerulea</i>であることが確認された。</p> <p>第3章では、放出直後のエフィラの近傍に存在する濾過食性付着生物3種（ムラサキイガイ、シロボヤ、アメリカフジツボ）のミズクラゲエフィラ濾過能を実験的に調べた。実験は、実海域でエフィラが放出される低水温下（10℃）で行った。その結果、濾水速度はムラサキイガイが他2種より高く、エフィラ濾過率もムラサキイガイが最も高い結果となった。一方、エフィラ濾過率を濾水速度で除して求めたエフィラ濾過効率には、種間で有意な差はなかった。そのため、ムラサキイガイの高いエフィラ濾過能は低水温下での高い濾水速度に起因しており、同様の特徴を持つ他の濾過食性付着生物も高いエフィラ濾過能を有する可能性が示唆された。また、最もエフィラ濾過能が高かったムラサキイガイでも、効率的に濾過できるのは、放出直後の小型のエフィラに限られることも明らかとなった。</p> <p>第4章では、愛知県・三河湾における3年間の調査から、メデューサの鉛直分布と環</p>			

境要因の関係を解析した。その結果、メデューサの鉛直分布は強い密度躍層で制限されることが明らかとなった。また、メデューサは高い貧酸素耐性を有することが知られているが、三河湾ではメデューサは貧酸素水 ($< 2.5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) には分布しなかった。降雨や台風の影響で、密度躍層と貧酸素水の形成程度は季節・年変動を示し、メデューサの鉛直分布がそれらに応答して変動することも明らかとなった。

第5章では、第4章で確認された密度躍層と貧酸素水によるメデューサの鉛直分布制限の一般性を検証するため、東京湾で調査するとともに、既報のデータ（東京湾、三河湾、浦底湾、中海）と比較した。成層強度の指標としては、水柱内での鉛直的な海水密度の変化 ($\Delta\sigma_t$) の最大値 ($\Delta\sigma_{t \text{ max}}$) を用いた。その結果、 $\Delta\sigma_{t \text{ max}} > 0.7$ の強い密度躍層および $\text{DO} < 2.5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ の貧酸素水が存在する場合には、海域を問わずメデューサの鉛直分布が制限されることが明らかとなった。

第6章では、第5章・第6章で確認された、密度躍層によるメデューサの鉛直分布制限機構を検討した。密度躍層による鉛直分布制限機構としては、メデューサの体の密度と海水の密度の差に起因する浮力によって移動が妨げられるとする説（浮力仮説）と、餌密度や塩分等に対する嗜好性によるものとする説（嗜好性仮説）が提示されてきた。しかし、フィールドでは様々な環境要因が複雑に変動するため、観測のみからでは実際のメカニズムを明らかにすることは難しかった。事前に2つの異なる塩分（密度）の海水で馴致させたミズクラゲのメデューサを用いて、1つの水槽内に馴致海水と同密度の2種類の海水を成層させた水槽内（餌なし）で行動観察を行った。その結果、メデューサは馴致海水と同密度の層にのみ分布したため、塩分に対する嗜好性が分布制限の必須条件ではないことが確認された。さらに、メデューサの体の密度を測定したところ、周囲の海水の密度と同程度だった。そのため、成層した水柱内の下／上層に分布するメデューサが躍層を上／下向きに突破しようとする、上／下層の海水とメデューサの体の密度差によって元の層に押し戻す力が生じ、遊泳能力の低いメデューサはこの力に抗えずに分布が制限されるという浮力仮説が、躍層による分布制限メカニズムとしてもっともらしいと考えられた。浮力仮説は、メデューサの遊泳を再現したシミュレーションからも支持された。

第7章では総合考察として、第2章から第6章で得られた新知見と文献情報を統合し、ミズクラゲ大発生の要因候補とされてきたものを再検討した。富栄養化と人工構造物の増加はその蓋然性が高いことが確認されたが、温暖化と魚類資源の減少については、ミズクラゲの個体群動態への影響が極めて複雑であり、現状ではその効果を評価することは困難であることが明らかとなった。また、メデューサの輸送には流況や密度躍層・貧酸素水の存在が影響するが、これらは時空間的に大きく変動するため、ミズクラゲ大発生への影響も多様と考えられた。従来考えられてきた要因の他に、気候変動に伴う大雨の増加でミズクラゲの発生規模が減少する可能性も示唆された。今後は、本論文で得られた知見等を踏まえた個体群動態・生態系モデルを構築し、各要因の影響を定量的に評価することが、大発生機構の解明につながると期待される。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

近年、クラゲ類の大発生が世界各地から報告されている。我が国の沿岸域ではミズクラゲ (*Aurelia coerulea*) がしばしば大発生しており、大発生時のバイオマスの大きさから生態系への影響が懸念されている。また、大発生したクラゲが漁網や臨海部の発電施設に流入することで被害が生じるなど、経済活動にも大きな影響を与えるため、大発生機構の解明は重要な課題である。本論文では、本種の大発生機構解明に不可欠な生態学的知見の整備を目的として、生活史二型の出現特性、エフィラの減耗要因、メデューサの輸送に関わる鉛直分布の決定機構について研究を行った。本論文の評価すべき点は以下の通りである。

1. ミズクラゲが属する鉢クラゲ類では、無性生殖によってエフィラを放出するポリプ発生型生活史と、ポリプ世代を経ずに1個体のプラヌラが1個体のエフィラへ変態する直達発生型生活史の生活史二型が知られているが、京都府舞鶴湾での周年調査と室内実験により、本種について初めて、20°Cを境に高水温下ではポリプ発生型生活史、低水温下では直達発生型生活史に分かれることを明らかにした。
2. 飼育実験により、濾過食性付着生物であるムラサキイガイ、シロバヤ、アメリカフジツボが、浅海域の基盤に付着するストロビラから放出されるエフィラを濾過し、濾過されたエフィラは損傷したり消化されることにより死亡することが示唆された。すなわち付着生物による濾過がエフィラの重要な減耗要因となる可能性が示された。
3. 自然海域におけるメデューサの鉛直分布が、密度躍層と貧酸素水により規定されることを明らかにした。
4. 水槽実験と数値シミュレーションにより、本種はまわりの海水密度に対応して比重を変化させるが、強い密度躍層では押し戻しの力が生じるために躍層を越えることができないという、鉛直分布に関する浮力仮説のメカニズムが支持された。

以上のように、本論文はミズクラゲの大発生機構に関わる重要な生態学的知見を提供し、従来考えられてきた要因を整理するとともに新規の観点を提示しており、水産学、海洋生物学、海洋生態学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和2年1月15日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)